

热处理对 0Cr17Mn14Mo2N 双相不锈钢 性能的影响

毛萍莉^{1,2} 苏国跃¹ 杨柯¹

(1. 中国科学院金属研究所 2. 沈阳工业大学)

摘 要 研究了热处理对 0Cr17Mn14Mo2N 双相不锈钢铸态组织中 δ -铁素体的含量、形态以及双相不锈钢性能的影响。结果表明, 在 1050~1200 °C 之间加热时, 组织为奥氏体基体上分布着的球化的及长条形的 δ -铁素体, 且加热温度越高保温时间越长铁素体的球化率越高。在 1250 °C 加热时, 组织为粗大的铁素体等轴晶。其中铁素体以球状均匀分布的 0Cr17Mn14Mo2N 双相不锈钢的拉伸性能最好。

关键词 双相不锈钢 δ -铁素体的形态 拉伸性能

分类号 TG142

文章编号 1005-3093(2002)01-0088-05

EFFECT OF THE HEAT TREATMENT ON PERFORMANCE OF DUPLEX STAINLESS STEEL 0Cr17Mn14Mo2N

MAO Pingli^{1,2*} SHU Guoyue¹ YANG Ke¹

(1. Institute of Metal Research, The Chinese Academy of Sciences
2. Shenyang University of Technology)

Manuscript received Nov 1, 2000; in revised form Sept 22, 2001.

* To whom correspondence should be addressed, E-mail: plmao@imr.ac.cn

ABSTRACT The effect of the heat treatment on the content and morphology of δ -Ferrite in the as-cast duplex stainless steel 0Cr17Mn14Mo2N were studied. The results show that when the heat treatment temperature is between 1050 and 1150 °C, the microstructure is the austenite matrix embodied by spheroid and strip δ -Ferrite, δ -Ferrite content and spheroidized rate increase with the temperature and the hold time. When the temperature is higher than 1250 °C, the microstructure consist of only isometric δ -Ferrite. The tensile property of this duplex stainless steel at the room temperature was studied also.

KEY WORDS duplex stainless steel, morphology of δ -ferrite, tensile property

双相不锈钢具有较高的韧性及强度、良好的可焊性以及较高的抗腐蚀性^[1~6]。在双相不锈钢中, 当其组成(奥氏体和铁素体)中的某一相以尖角或网状分布时易在尖角处形成应力集中而在两相界面产生裂纹; 而当以近于粒形分布于基体中时, 两相能协同变形使其具有很高的塑性。由于 0Cr17Mn14Mo2N 双相不锈钢中 Mn 和 N 的含量较高, 在冷加工时有较高的变形抗力和较大的冷加工硬化率。双相结构决定了 0Cr17Mn14Mo2N 不锈钢可通过热处理来改变其中相的形态及分布, 提高其冷变形行为。本文研究热处理对 0Cr17Mn14Mo2N 双相不锈钢中 δ -铁素体的形态和分布以及对其室温拉伸性能的影响。

1 实验方法

实验用 0Cr17Mn14Mo2N 双相不锈钢采用真空感应电炉熔炼, 其化学成分 (质量分数, %) 为 C 0.089, Si 0.69, S 0.011, P 0.030, Cr 17.86, Mn 13.78, Mo 2.06, N 0.29. 热处理温度为 1050~1250 ℃, 温度间隔为 50 ℃. 在每一温度分别保温 4 h, 8 h 及 12 h, 然后水淬冷却至室温. 将试样用 10% 草酸溶液电解腐蚀, 用光学显微镜观察其微观组织. 用定量金相法测量各样品的 δ -铁素体的含量和球化率. 用 X-射线衍射测出不同温度下样品的相组成. 使用标准拉伸试样测量试样的力学性能.

2 结果与讨论

2.1 热处理对 0Cr17Mn14Mo2N 钢中 δ 铁素体的含量和形态的影响

图 1 中 0Cr17Mn14Mo2N 钢铸态组织的基体为奥氏体, 颜色较暗的相为 δ -铁素体. 热处理温度和保温时间不同, 钢中的 δ 铁素体的含量和形态分布不同. 加热温度越高、保温时间越长钢中铁素体的含量越高 (图 2), 铁素体的球化率越高 (图 3). 图 4a 中绝大多数 δ 铁素体枝晶已断开并发生了球化, 还有 20% 的 δ 铁素体呈尖角形长条状分布, 这些长条状组织是还未球化的枝晶残余, 这种形式的 δ 铁素体在整个试样中分布不很均匀, 在某些位置比较集中. 而球化了的或虽呈长条形但两端已变得圆滑的 δ 铁素体分布比较均匀. 图 4b 中铁素体在奥氏体基体上均匀分布, 大部分铁素体呈球形, 其它的虽呈长条形, 但长条的两边都趋于圆滑, 只有极少数的铁素体一边是圆形, 一边是尖角形. 在 1050 ℃ 保温 8 h 与保温 12 h 有相似的组织形态. 只是保温时间的延长使 δ 铁素体的球化率增加, 而且已球化

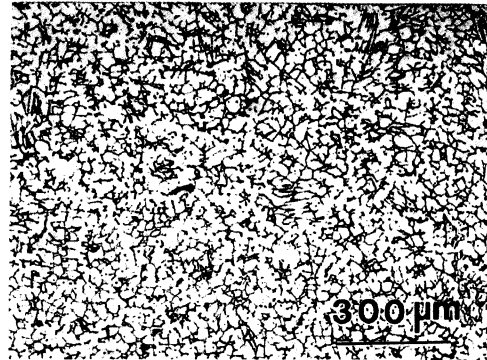


图 1 0Cr17Mn14Mo2N 的凝固组织

Fig.1 Solidification microstructure of 0Cr17Mn14Mo2N

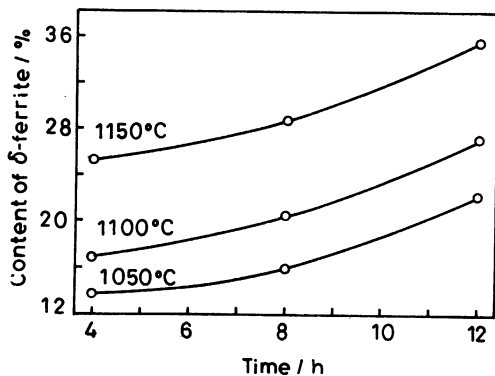


图 2 铁素体含量与热处理的时间和温度的关系

Fig.2 Relationship of δ -ferrite content and time and temperature of heat treatment

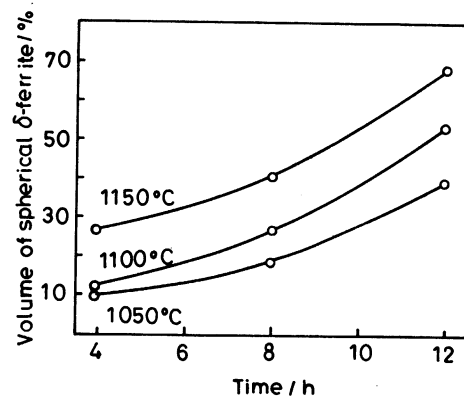


图 3 铁素体的球化动力学曲线

Fig.3 Curve of δ -ferrite spherical kinetics

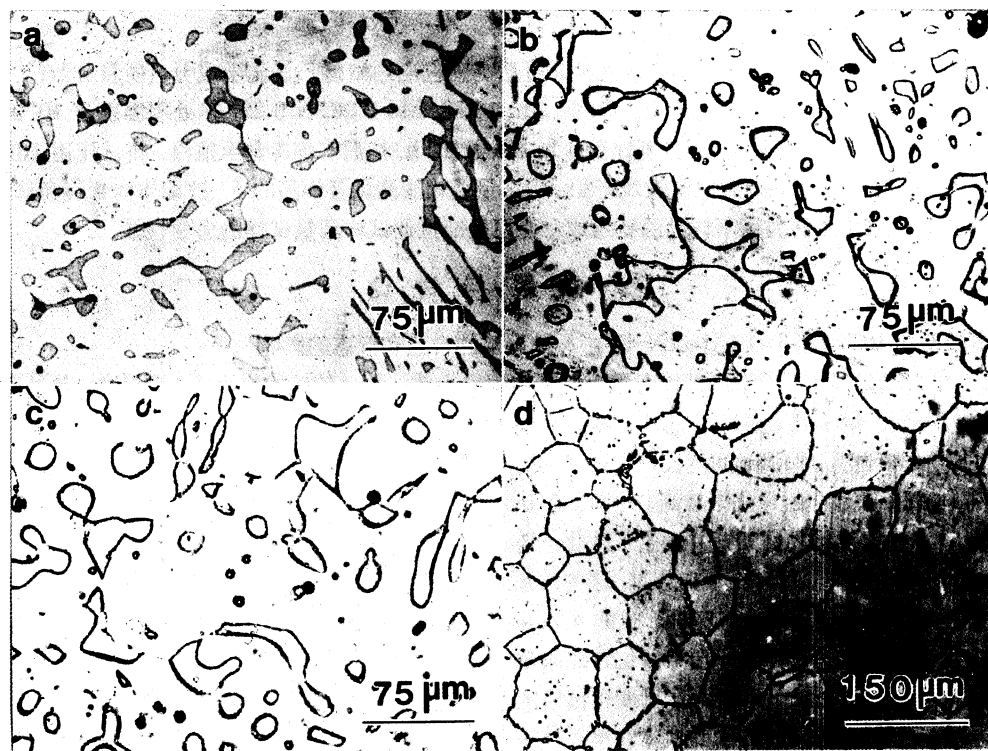


图 4 在不同温度下热处理不同时间后样品的显微组织

Fig.4 Microstructure of samples heat treated at 1050 °C for 4 h (a), 1050 °C for 12 h (b), 1150 °C for 4 h (c) and 1250 °C (d)

的 δ 铁素体有长大的趋势. 在 1050 °C 热处理时, 在各个时间段下钢的组织内都有 δ 铁素体的枝晶的残余, 随着保温时间的延长, 枝晶残余减少.

在 1100 °C 保温 12 h 或在 1150 °C 保温 4 h, 0Cr17Mn14Mo2N 钢中残余枝晶几乎完全消失, δ 铁素体继续长大, 含量增加 (图 4c). 在上述的热处理制度下 0Cr17Mn14Mo2N 钢中只有两个相, 即以奥氏体为基, 以铁素体为第二相 (图 5a). 在 1200 °C 加热, 随着加热时间的延长 δ 铁素体进一步长大, 形态更加圆整. 图 4d 中的单相组织由全部等轴晶组成, 只有在晶界有小量的析出物存在. 这种单相组织为 δ 铁素体 (图 5b), 而晶界的析出物为奥氏体 (图 5b).

2.2 0Cr17Mn14Mo2N 钢的拉伸性能

从表 2 可知, 此双相不锈钢在铸态及固溶状态下的伸长率和断面收缩率都较低, 而在不同的温度保温后其拉伸性能都有不同程度的提高. 当保温时间相同时 在 1150 °C 温度下加热时的拉伸性能都高于其它两个温度下即 1050 °C 及 1250 °C 加热时的试样性能. 在 1050 °C, 1150 °C 及 1250 °C 加热保温 12 h 时试样的拉伸性能虽比在相同温度下保温 8 h 时的性能有所提高, 但提高的幅度却很小.

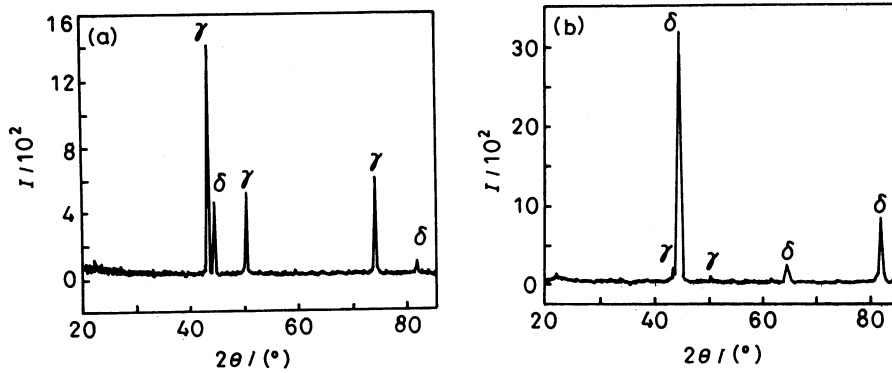


图 5 双相及单相组织的 X-射线衍射结果

Fig.5 X-ray result of duplex (a) and single phase (b) microstructure

表 2 不锈钢的热处理条件及拉伸性能

Table 2 Heat treatment conditions and tensile property for the duplex stainless steel 0Cr17Mn14Mo2N

| treatment temperature | Solid | | solution | | treatment time/h | | | | | |
|-----------------------|------------|----------|------------|----------|------------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| | $\delta\%$ | $\Psi\%$ | $\delta\%$ | $\Psi\%$ | 4 h | | 8 h | | 12 h | |
| | $\delta\%$ | $\Psi\%$ | $\delta\%$ | $\Psi\%$ | $\delta\%$ | $\Psi\%$ | $\delta\%$ | $\Psi\%$ | $\delta\%$ | $\Psi\%$ |
| As-cast | 32 | 40 | | | | | | | | |
| 1050 °C | | | 42.5 | 50 | 45 | 58 | 46 | 60 | 48 | 61 |
| 1150 °C | | | 46.5 | 57 | 48 | 65 | 50 | 69 | 51 | 71 |
| 1250 °C | | | 43 | 53 | 44 | 63 | 45 | 65 | 48 | 65 |

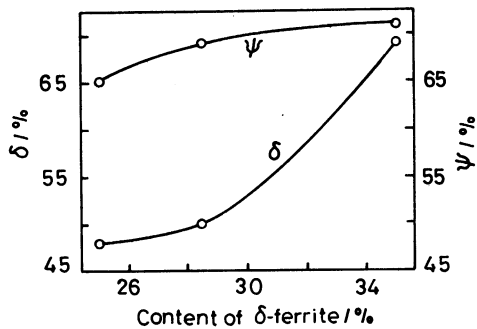


图 6 室温位伸性能与铁素体含量的关系

Fig.6 Relationship between elongation (δ) and content of δ -ferrite for the duplex stainless steel 0Cr17Mn14Mo2N

由图 6 可知, 铁素体含量越高, 室温塑性越高. 铸态的 0Cr17Mn14Mo2N 双相不锈钢的拉伸试验结果表明, 当它在 1150 °C 加热保温后的拉伸性能高于在 1050 °C 加热保温后的性能, 这是由于在 1150 °C 加热时大约有 25% 左右的 δ -铁素体已发生了球化, 没有发生球化的铁素体其两边已趋于圆滑, 与此同时这些球状的或圆滑的长条状铁素体均匀分布于奥氏体基体上, 如图 4c 所示. 而在 1050 °C 加热时仅有 14% 左右的 δ -铁素体发生了球化, 其它铁素体以尖角状存在, 以球状或圆角状形式存在的 δ -铁素体分布较均匀, 而以尖角状形式存在的 δ -铁素体分布相对集中, 这些是铸态 δ -铁素体枝晶的残余, 这样在变形时易在尖角处产生应力集中从而萌生裂纹, 裂纹易沿着两相界面扩展而导致开裂, 从而降低了此双相不锈钢的塑性, 这是 1050 °C

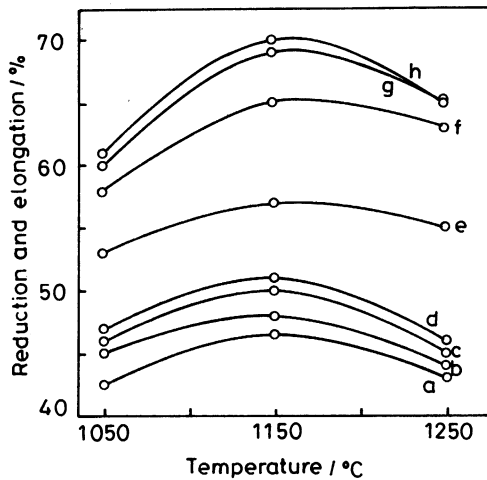


图 7 铸态 0Cr17Mn14Mo2N 双相不锈钢在不同的热处理条件下的拉伸性能

Fig.7 Relationship between elongation and reduction and temperature of duplex stainless steel under different heat treatment conditions a,e: elongation and reduction for solid solution state; b,f: elongation and reduction for the state hold for 4h; c,g: elongation and reduction for the state hold at that temperature for 8h; d, h: elongation and reduction for the state hold at that temperature for 12h

渐增加, 球化的 δ -铁素体的数量也逐渐增加. 加热温度为 1250 °C 时, 0Cr17Mn14Mo2N 双相不锈钢的组织全部成为单相等轴 δ -铁素体. 晶界上有少量次生奥氏体. 铁素体含量越高, 室温塑性越高. 加热温度为 1150 °C 时试样的室温塑性最高.

加热时的塑性低于 1150 °C 加热时的原因. 但在 1250 °C 加热时, 组织全部转变为等轴的单相铁素体, 而且铁素体晶粒急剧长大. 当淬火冷却时, 有二次奥氏体析出, 这些奥氏体以针状存在于等轴的铁素体晶界, 割裂了基体的连续性. 同时在 1250 °C 加热时有过烧倾向, 如图 4d 所示, 因此它的室温塑性低于 1150 °C 加热时的试样. 同样的从表 2 及图 7 中可以看出除了 1250 °C 之外的其它温度下, 当加热温度不变时随着保温时间的延长其室温塑性逐渐提高. 从图 4a、4b 及图 3 可知随着加热时间的延长, 试样的球化率逐渐增加, 这样就增加了两相之间的协调变形能力, 因此就提高了它的室温塑性.

固溶态试样中的枝晶组织几乎没有发生变化, 因此其拉伸性能最低. 当在某一加热温度下保温时间超过 8 h 之后, 铁素体的形态及分布变化就不很明显了, 这反映在保温 8 h 与保温 12 h 试样的性能差别很小.

3 结 论

热处理温度为 1050~1200 °C 时, 0Cr17Mn14Mo2N 双相不锈钢中大部分 δ -铁素体发生了球化. 球化了的 δ -铁素体均匀分布, 而有枝晶残余的地方 δ -铁素体分布较集中. 随着加热温度的提高和时间的延长, δ -铁素体的含量逐

参 考 文 献

- 1 LU Shiyong(陆世英), *Series of special steel* (特殊钢丛书) (Beijing(北京); Atomic Energy Press(原子能出版社), 1995) p.315
- 2 S.ATAMERT and J.E.KING, *Acta Metallurgical Material*, **39**(3), 273(1991)
- 3 R.M.Boothby, *Materials Science and Technology*, **2**, 78(1986)
- 4 Shigeo FUKUMOTO and Wifried KURZ, *ISIJ International*, **39**(12), 1270(1999)
- 5 N.SUUTALA, *Metallurgical Transactions A*, **14A**, 191(1983)